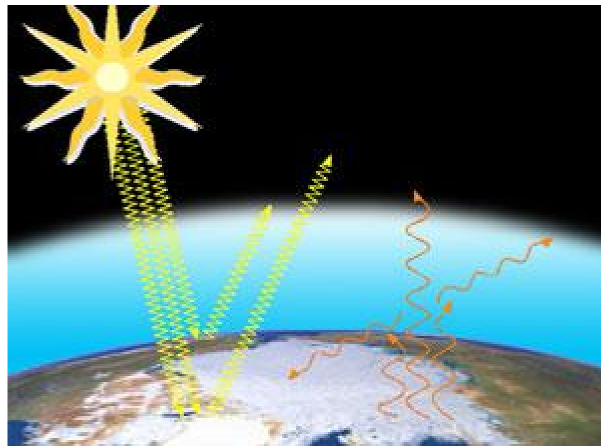
Klima og drivhuseffekt

Ingolf Kanestrøm, professor emeritus geofysikk, Universitetet i Oslo

I massemedia har det i de senere årene pågått en hissig debatt om klima og klimaforandringer. En del av debatten har vært lite saksorientert, så den må ha virket forvirrende på mange. Et sentralt tema har vært spørsmålet om den globale temperaturøkningen er reell, og om den i tilfellet er menneskeskapt. I denne kronikken vil jeg forsøke å belyse hva vi mener med drivhuseffekt og drivhusgasser, noen ganger også kalt klimagasser.

Hva er klima? Når det gjelder klima, tenker vi ofte på temperatur og nedbør, med andre ord været. Men klima er langt mer komplisert enn dette. Klimasystemet består av fem deler; atmosfære, hav, kryosfære (is- og snømassene på jorda), landmasser og biosfære (planter på land og i vann og alt dyreliv). Klimaet defineres som midlere tilstand av disse fem komponentene tatt over en lengre periode, for eksempel 30 år. Middelverdiene er egentlig ikke noen fullgod definisjon av klimaet. I tillegg bør en ha med et mål for systemets variasjon om middelverdien.



Systemets energitilførsel. Tilnærmet all energi som tilføres vår planet, kommer fra sola. Andre bidrag, som kjernefysisk energi fra jordas indre, kan neglisjeres i vår sammenheng. Det er balansen mellom tilført og utsendt energi som bestemmer jordas temperatur. Energitilførselen fra sola og tapet av energi fra jorda skjer ved stråling. Derfor er det nødvendig å se litt nærmere på dette fenomenet. Tenk deg at du har en komfyr med støpegodsplater. Når du slår på en kokeplate og holder hånden over plata, vil du snart merke varme fra plata. Etter hvert vil varmen bli mer intens, og etter en stund vil plata bli rødglødende. Dette illustrerer noe viktig. Etter hvert som platas temperatur øker, vil strålingen fra plata tilta. Dessuten illustrerer det at bølgelengden på strålingen avtar når temperaturen øker. Ved relativ lav temperatur, kan vi føle varmen fra strålingen, men vi kan ikke se den. Vi kaller den langbølget- eller varmestråling. Den strålingen vi kan se med våre øyne, som sollyset eller strålingen fra den glødende plata, har kort bølgelengde (kortbølget stråling). Dette er viktig om vi skal forstå drivhuseffekten og atmosfærens betydning for klimaet.

VISIT…

LANZAROTE

Caliente.com

Gartnerens drivhus. Vi vet alle at inne i gartnerens drivhus er det normalt varmere enn utenfor. Det skyldes to fenomener. Det ene er at taket er en fysisk sperre for utluftning. Når sollyset trenger inn i drivhuset og varmer opp husets indre, vil den varme luften stige til værs, men blir hindret i å slippe ut av taket i huset. Det andre fenomenet skyldes glassets optiske egenskaper. Glasset slipper igjennom det kortbølgede sollyset, men absorberer en del av den langbølgede strålingen som sendes ut fra husets indre. Den langbølgede strålingen som blir absorbert, sendes ut igjen fra glasset, men bare halvdelen blir sendt ut i atmosfæren og den andre halvdelen blir sendt tilbake til drivhuset. Derfor blir varmetapet redusert, og temperaturen vil stige inne i huset. Det er denne siste prosessen vi sikter til vår vi snakker om drivhuseffekt i atmosfæren. Nå vil du kanskje si: Vi har jo ikke noe glasstak i atmosfæren, Her er det drivhusgassene kommer inn.

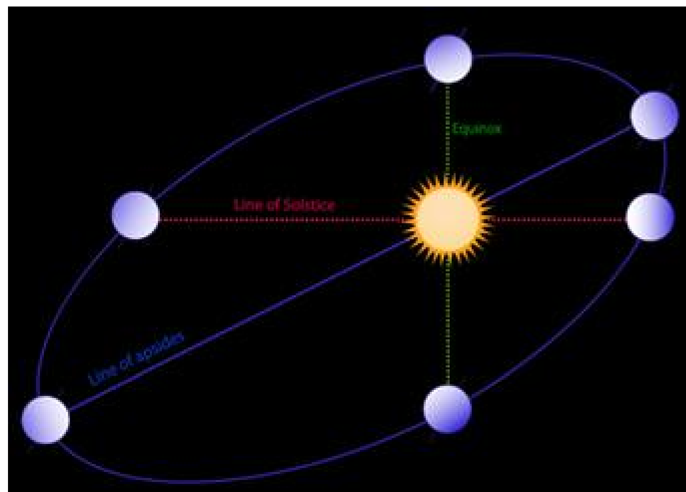
Drivhusgasser. Når vi ser bort fra vanndamp, utgjør nitrogen, oksygen og argon ca. 99,9 % av atmosfæren. Disse gassene er likevel av liten interesse for drivhuseffekten. Gasser som karbondioksid, karbonmonoksid, metan, nitrogenoksid, lystgass og ozon utgjør ca. 390 ppm (ppm betyr antall molekyler per million molekyler i et avgrenset volum i atmosfæren). Dette synes å være svært lite. Men disse molekylene har en ekstrem viktig egenskap. De absorberer langbølget stråling som sendes ut fra jorda og atmosfæren. Strålingen som absorberes sendes ut igjen, noe oppover i atmosfæren og noe nedover (som drivhustaket). Dermed hindres noe at utstrålingen fra bakken å slippe ut i verdensrommet. Dette reduseres varmetapet, og disse gassene har da en effekt som kan sammenlignes med effekten av glasstaket i et drivhus. Vanndamp har en tilsvarende egenskap. Når vanndamp ikke er tatt med i denne oversikten, skyldes det at vanndampinnholdet i atmosfæren varierer med tid og sted blant annet på grunn av nedbør og fordampning fra hav og vann. Vanndamp utgjør den største delen av drivhuseffekten, ca. 2/3, deretter kommer karbondioksid, ca. 1/3.

Klimaskeptikerne bruker ofte som argument mot økt drivhuseffekt at en økning i klimagassene ikke kan ha noen betydning siden de utgjør en så liten del av atmosfæren. Dette er ikke noe reelt argument da nitrogen og oksygen er klimanøytrale. Dessuten er det slik at det totale antall molekyler i atmosfæren er enormt stort slik at antall klimagassermolekyler blir stort selv om forholdstallet er svært lite. La meg illustrere dette med bruk av parfyme. Antall parfymemolekyler som vil komme fra en person som bruker parfyme, vil være ekstremt lite sammenlignet med antall molekyler en person puster inn. Likevel er det en kjensgjerning at vi godt kan registrere at personen bruker parfyme.

Eksperimentell bekreftelse. Strålingsenergien fra sola avtar med avstanden, da energien skal fordeles over en stadig større flate når avstanden øker. Månen har i middel samme avstand fra sola som jorda. Under ellers like forhold burde temperaturen derfor være den samme. Men månen har ingen atmosfære og dermed ingen drivhuseffekt. Den midlere temperturen på månen er -18 ^{o}C, mens den midlere temperaturen på jorda er ca. 14^{o}C. Den høye temperaturen på jorda skyldes i hovedsak drivhuseffekten. Dette illustrerer at drivhuseffekten er helt nødvendig om det skal være livsbetingelse på jorda.

Økning i atmosfærens innhold av klimagasser. Når det gjelder karbondioksid har man direkte målinger av konsentrasjonen i atmosfæren fra 1958. Det finnes målestasjoner i Canada, Hawaii, Samoa og i Antarktisk. Alle målestasjonene viser sammenfallende resultater. Konsentrasjonen er nå kommet opp i 390 ppm. Ved studier av iskjerner i Antarktis kan man gå 1000 år tilbake i tid, og resultatene viser at den før-industrielle verdien av CO_2 var 280 ppm. Dvs. at karbondioksidverdien i atmosfæren har økt med 39 %. Økningen av karbondioksid i atmosfæren skyldes vesentlig 3 kilder; bruk av fossilt brensel (kull, olje og gass). I løpet av kort tid, godt 100 år, har vi frigjort store mengde karbon som har vært bundet i millioner av år. I tillegg til fossilt brensel kommer CO_2 fra sementproduksjon og utslipp knyttet til endret bruk av landarealer. For de andre klimagassene finnes det kortere måleserier, men også disse viser en vedvarende vekst i konsentrasjonen i atmosfæren. En har rimelig, om enn ikke fullstendig, oversikt over produksjonsleddene. La meg bare nevne et eksempel. En ikke ubetydelig kilde til økning av metangass i atmosfæren er termitter og gjæring i tarmer til planteetende dyr. Påstanden at termitter bidrar til økningen av metan i atmosfæren har delvis blitt møtt med latter. Hvordan kan disse små krypene bidra til noe av betydning i atmosfæren. Men denne reaksjonen skyldes rimeligvis at ytterst få har reflektert over hvor mange termitter som finnes på kloden. De er ufattelig mange.

Naturlige klimavariasjoner. Uttalelsen fra det internasjonale klimapanelet, ICCP, om at vi står overfor en global klimaforandring som høyst sannsynlig skyldes menneskelig aktivitet, blir av mange møtt med påstanden om at vi alltid har hatt naturlige klimavariasjoner. Derfor er det er ingen grunn til å anta annet enn at det vi opplever nå, også er en naturlig variasjon. Til dette er det minst to ting å si. Ja, klimaet har en naturlig variasjon. Men en skal lete lenge etter å finne så raske temperaturøkninger som vi har opplevd de siste tiårene. De store klimavariasjonene er de som er representert ved istider og mellomistider. Nå kjenner klimaforskerne hovedårsakene som ligger bak istidene. Det er variasjoner i jordbane-parametrene. Jorda går i en elliptisk bane rundt sola.



Jordas bane rundt sola

Flattrykkingen av ellipsen varierer over tid; periodisk med en periode på ca. 100 000 år. Med økt flattrykkingen, vil maksimal årlig avstand til sola øke. Dermed vil innstrålingen

avta. En annen viktig faktor er skråningen av jordas rotasjonsakse i forhold til planet gjennom jordbanen. Dersom rotasjonsaksen hadde stått normalt på baneplanet, ville vi ikke hatt årstider som nå. Vinkelen varierer mellom 21,6^{o} og 24,5^{o}. For tiden er den 23,5^{o}. Årstidsvariasjonen i innstrålingen fra sola, særlig ved høye breddegrader, øker med helningsvinkelen. Perioden for denne variasjonen er ca. 41 000 år. En tredje parameter er knyttet til jordaksens presisjon. Det har noe å si for på hvilken tid på året jorda står nærmest sola. Nå er vi nærmest sola ved juletider. Om ca. 11 500 år vil det skje i juli. Denne perioden er på ca. 23 000 år. Legger man disse parametrene inn i en klimamodell, kan man reprodusere istidene som har skjedd med ca. 100 000 års mellomrom. Vi ser at vi ikke kan forklare den senere tiårs temperaturøkning med disse variasjonene.Den 12. mai holdt klimaforsker James Hansen, ved Goddard Institute for Space Studies, GISS, et foredrag ved *French National Assembly* hvor han la fram nye måleresultater. Mange mener at den kalde vinteren vi har hatt, viser at vi ikke lenger har noen varmeperiode. Bakketemperaturen i Europa viser en stigende trend. Sju av de siste 10 vintrene og alle de siste summertemperaturene var høyere enn 1951-1980 midlet. Siden 1880 har den globale overflatetemperaturen steget med 0,8 ^{o}C. GISS er en av fire institusjoner som beregner midlere global temperatur. De bruker løpende 12 måneders midling slik at årstidsvariasjonene blir borte. Den globale overflatetemperaturen for året mai 2009 – april 2010 er den høyeste siden man begynte med direkte temperaturmålinger.

Mange vil hevde at denne oppvarmingen ikke er reell. De vil hevde at mye av den skyldes ”varmeøyer” fra byer og tettbebyggelse. Det er riktig at økt bebyggelse og industri kan heve temperaturen i sentrale strøk. Dette er naturligvis meteorologene klar over. Derfor korrigerer de for dette når dataene homogeniseres. Dessuten viser temperaturen over havområder også en stigende trend. Der finnes det ikke slike kunstige ”varmeøyer”, så økningen i den midlere globale temperatur kan ikke bortforklares på denne måten.

Klimamodeller. Klimamodellene er svært kompliserte. De skal beregne prosesser i de fem klimadelene og hvordan de vekselvirker. Det gjelder bølgebevegelser med bølger med lengde på tusener av kilometer. I den andre ytterkanten finnes atomære prosesser på ytterst liten skala. Modellenes godhet kan avklares ved at modellresultatene vurderes mot observasjoner. En må kunne si at modellene etter hvert er blitt forbausende gode. Når en skal beregne framtidens klima som funksjon av økte klimagasser, står man foran det problemet at en ikke kan beregne framtidens konsentrasjon av klimagasser. Utslipp av klimagasser vil være avhengig av økonomisk utvikling, renseteknologi, osv. En må derfor beregne temperaturutviklingen ut fra antagelser om fremtidige utslipp. Nå har man målt konsentrasjonen av drivhusgasser som funksjon av tiden i noen tiår. Dermed kan en teste denne delen av klimamodellene. En starter modellene ved et gitt tidspunkt. Etter hvert som modellen blir kjørt, kan man legge inn de observerte verdiene av klimagassene. Det viser seg da at modellenes beregnede temperatur for atmosfæren passer svært godt med den målte temperatur i perioden.

Er klimaforandringen kritisk? Klimaskeptikerne vil nok si at menneskeskapte klimaforandringer bare er noe som forekommer i klimaforskernes hode og at det ikke er noe vi kan gjøre for å unngå uheldige klimarelaterte naturkatastrofer. Det er ikke

vanskelig å finne eksempler på at temperaturstigningen har fått uheldige konsekvenser. Listen kan gjøres lang, men her skal vi nøye oss med å gi et par eksempler. 80 % av isbreene som finnes i tropene, er lokalisert i Peru. Under regntiden legger snøen seg som et teppe over isen, og den smelter i den tørre årstiden. Over lang tid har det vært tilnærmet balanse mellom snøfall og avsmelting slik at breene har vært konstante. De siste tiårene har temperaturen økt kraftig, og arealene av isbreene er redusert med bortimot 25 %. Smeltevannet fra breene brukes til å vanne dyrket jord i fjellsidene. Dessuten er det bygget flere vannkraftverk. Smeltevannet vil forsvinne med breene, og livsgrunnlaget for de som bor i fjelldalene vest for breområdet Cordilla Blanca vil ødelegges. Det kan skje i løpet av et par tiår.

Tuvala er en av Stillehavets mange små øystater. Hele staten ligger bare noen meter over havnivået og saltvann trenger inn i grunnvannet. I 2001 sendte staten appeller til New Zeland og Australia med bønn om hjelp til å planlegge avviklingen av staten og finne nytt sted for bosettingen. I 2006 kom statsministeren på Kiribati med en tilsvarende appell. Mindre øyer i statene Tuvau, Kiribati og Bougainville er allerede borte.

Folk langs kysten av Alaska deler en lignende skjebne. Smelting av permafrost – som tidligere beskyttet strendene mot erosjon fra bølgene – medfører at jorda blir tatt av bølgene. Landsbyen Shismaref har i flere hundre år ligget på en liten øy sør for polarsirkelen.. Nå smuldrer jorda bort, og flere hus er rast i havet. En kraftig storm kan utslette hele øya. Det ble i 2002 besluttet at øya må forlates. Innbyggerne i Shismaref er i noen sammenhenger kalt miljøflyktninger. De er blant de første eksemplene på omplassering som skyldes global oppvarming. Antall miljøflyktninger i verden er nå blitt anslått til ca. 25 millioner.